



Henryk Kleta

Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego
i Zarządzania Ochroną Powierzchni
henryk.kleta@polsl.pl

Adam Heyduk

Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa
adam.heyduk@polsl.pl

Jarosław Joostberens

Politechnika Śląska
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa
jaroslaw.joostberens@polsl.pl

AKWIZYCJA I PRZETWARZANIE OBRAZU Z SYSTEMU WIZYJNEGO DLA MONITOROWANIA STANU OBUDOWY SZYBOWEJ

Streszczenie: Precyzyjna lokalizacja zarejestrowanych w strumieniu wideo uszkodzeń jest istotnym czynnikiem warunkującym efektywny monitoring wizyjny stanu technicznego obudowy szybowej – zwłaszcza w szybach bez stałych urządzeń wyciągowych, gdzie bezpośredni dostęp do obmurza szybu jest mocno utrudniony. W referacie przedstawiono wybrane problemy istotne z punktu widzenia oceny usytuowania zaobserwowanych uszkodzeń obudowy szybowej w szybie kontrolowanym za pomocą systemu wizyjnego. Uwzględniono specyficzne zagadnienia związane z odchyleniem kamery od osi szybu. Przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na stanowisku laboratoryjnym w Katedrze Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa Politechniki Śląskiej.

Słowa kluczowe: obudowa szybowa, analiza obrazu, wygładzanie cyfrowe, monitoring uszkodzeń.

Wprowadzenie

Stan techniczny obudowy szybowej ma istotny wpływ na funkcjonowanie i bezpieczeństwo zakładu górniczego. Zagrożenia związane z uszkodzeniami

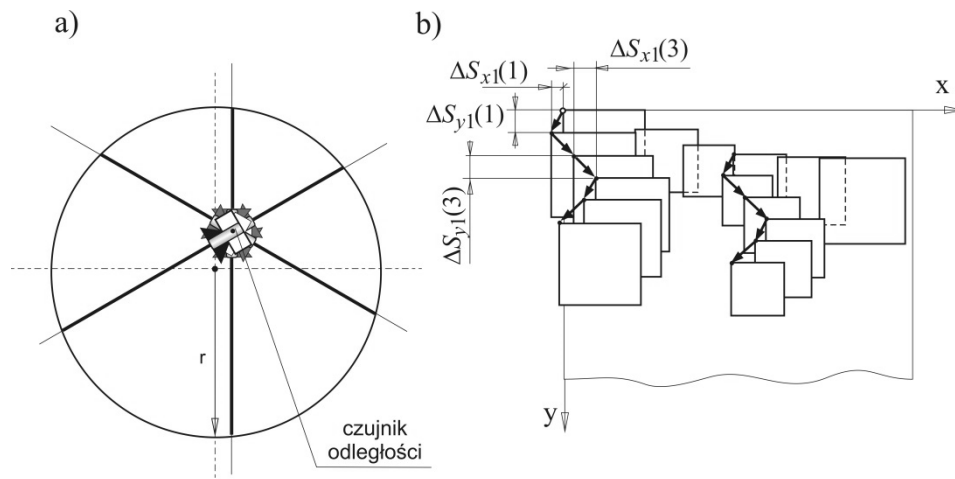
obudowy szybowej utrzymywać się mogą również po likwidacji zakładu górniczego. Wizualna inspekcja elementów konstrukcji betonowych jest jedną z podstawowych metod oceny ich stanu technicznego [Drobiec, Jasiński, Piekarczyk, 2010]. Możliwość oceny makroskopowej zależy od dostępu do obmurza szybu. Stwarza to istotne utrudnienia w przypadku szybów bez zainstalowanych urządzeń wyciągowych (np. pracujących jako studnie głębinowe). Kontrola stanu technicznego może być wówczas realizowana na podstawie analizy filmu zarejestrowanego przez opuszczaną kapsułę z zestawem kamer. W przypadku wykrycia ewentualnego uszkodzenia (np. spękania; Fujita, Hashimoto, Mitani, 2006; Aoki, Ito, 2002) istotną staje się precyzyjna identyfikacja jego położenia. Lokalizacja ta może być dokonywana na podstawie analizy dotychczasowego przebiegu całego zarejestrowanego strumienia wideo. W analizie tej muszą być uwzględniane podstawowe zależności związane z geometrią szybu i parametrami układu optycznego oraz zjawiskami dynamicznymi występującymi podczas ruchu zestawu kamer.

1. Metoda lokalizacji uszkodzeń obudowy szybowej z użyciem systemu wizyjnego

Systemy wizyjne opuszczane w głąb szybu przeznaczone są do oceny stanu obudowy szybowej. Składają się one zwykle z kilku kamer umieszczonych w kapsule i skreconych względem siebie o określony kąt, dzięki czemu uzyskuje się możliwość obserwacji powierzchni na pełnym obwodzie obudowy szybowej. Rozwiązania przemysłowe zasadniczo służą do rejestracji w formie filmów stanu obudowy szybowej za pomocą kapsuły z zestawem kamer, opuszczanej w głąb szybu. Uzyskane w ten sposób filmy po zakończeniu inspekcji są wyświetlane na monitorze celem oceny wizualnej stanu obudowy szybowej, którą przeprowadza kontroler-ekspert, kierując się własnym doświadczeniem. Ocenę wizyjną stanu obudowy szybowej na podstawie zarejestrowanych strumieni wideo można również przeprowadzić, stosując odpowiednie cyfrowe algorytmy analizy obrazu. W takiej sytuacji można w sposób istotny zredukować ograniczenia wynikające z „czynnika ludzkiego”. W dalszej części artykułu pojęcie „kamera” będzie określać bądź pojedyncze urządzenie, bądź też zestaw kamer.

Uzyskane strumienie wideo z kamer mogą posłużyć do określenia ich położenia w szybie, co staje się użyteczne przy określeniu lokalizacji uszkodzeń obudowy i występujących zagrożeń w szybie. Metodę identyfikacji położenia kamery w osi szybu, opartą na korelacyjnej ocenie ciągu elementarnych prze-

mieszceń w szybie, szczegółowo opisano w pracy [Kleta (red.), 2013]. W metodzie tej wyznaczenie położenia kamery w szybie polega na porównaniu przyjętego punktu odniesienia aktualnej fotografii obudowy fragmentu szybu (uzyskanej ze strumienia wideo) z punktem odniesienia zdjęcia z tej samej kamery, ale z chwili poprzedniej. Wymaga to wydzielenia ze strumienia wideo, uzyskanego daną kamerą, serii fotografii, przesuniętych względem siebie o okresie próbkowania T_s , którego wielkość podyktowana jest koniecznością obejmowania punktu odniesienia zdjęcia poprzedniego w obszarze następnej fotografii. W takiej sytuacji możliwe staje się obliczanie przyrostów składowych przestrzennych $\Delta S_y[i]$ oraz $\Delta S_x[i]$ w kolejnych chwilach czasu iT_s , jak to pokazano na rysunku 1b). Rozważany problem jest zagadnieniem odwrotnym do zadania śledzenia trajektorii obiektów ruchomych przy założeniu nieruchomej kamery, czyli problemu przepływu optycznego (*optical flow*) [Głowacz, Mikrut, Pawlik, 2011; Black, Roth, Sun, 2010].



Rys. 1. Rejestracja stanu powierzchni obmurza za pomocą zestawu kamer
 a) widok z góry zestawu kamer wyposażonych w dodatkowe czujniki odległości w przekroju szybu
 b) obszary obudowy szybowej odwzorowywane przez kamery zestawu narozwinięciu cylindrycznym powierzchni tej obudowy.

Źródło: Opracowanie własne.

Składowa w osi y odpowiada opuszczaniu kamery w głąb szybu, natomiast składowa w osi x wynika z możliwości skręcenia liny o określony kąt. Jako punkt odniesienia danego zdjęcia, niezbędny do wyznaczenia położenia kamery w szybie, można przyjąć górny lewy róg ramki. Zdefiniowanie innego charakte-

rystycznego punktu fotografii (innego narożnika lub środka) nie zmienia zasady pomiaru. W metodzie korelacyjnej obliczenie przesunięcia między kolejnymi ramkami (zdjęciami) sprowadza się do możliwie precyzyjnego dopasowania odpowiednio dobranego fragmentu poprzedniej ramki do odpowiadającego mu fragmentu bieżącego zdjęcia. W przypadku prostokątnych fragmentów sąsiednich ramek różnica współrzędnych prostokątnych punktów odniesienia obu ramek odpowiada ich przestrzennemu przesunięciu, a więc i przemieszczeniu kamery [Kleta (red.), 2013].

Kamera opuszczana jest w osi szybu tylko w szczególnym przypadku. Zwykle jej ruch w głąb odbywa się po trajektorii odbiegającej od osi szybu. Przypadek ten dla zestawu kamer został szczegółowo opisany w pracy [Heyduk, Joostberens, Kleta, 2015]. W takiej sytuacji, przy wyznaczonych elementarnych przemieszczeniach $\Delta S_y[i]$ oraz $\Delta S_x[i]$, położenie k -tej kamery w szybie w chwili iT_s , czyli głębokość, na której się ona znajduje, oraz miarę skrócenia osi jej obiektywu od pozycji wyjściowej wyrazić można wzorem:

$$S_{jk}[i] = S_{jk}[i-1] + \alpha_k[i] \cdot \Delta S_{jk}[i] \quad (1)$$

gdzie:

$\Delta S_{jk}[i]$ – przyrost przemieszczenia w osi y lub x dla chwili czasu iT_s , [m],

$\alpha_k[i]$ – współczynnik skalowania,

j – składowa y lub x układu współrzędnych prostokątnych,

$i = 1, 2, \dots, N$.

Wzór (1) jest słuszny dla kamery opuszczanej w głąb szybu w linii przesuniętej względem osi szybu. Współczynnik skalujący $\alpha_k[i]$ oblicza się z zależności:

$$\alpha_k[i] = c_k[i] \cdot \frac{\alpha_b}{c_b} \quad (2)$$

gdzie:

c_k – odległość k -tej kamery od obudowy (wyznaczana od osi kapsuły), [m],

c_b – odległość bazowa utożsamiana z promieniem przekroju kołowego rury szybowej, [m],

α_b – wartość bazowego współczynnika skalującego.

Wartość współczynnika skalującego w chwili $t = iT_s$ uzależniona jest od aktualnej odległości kamery od obudowy szybowej $c_k[i]$. Jest to konieczne z uwagi nie tylko na występowanie przesunięcia osi kapsuły z kamerami względem osi szybu, ale również z powodu nierówności występujących na powierzchni obudowy szybowej, jej odchylen od pionu oraz drgań liny, na której zawieszona została kapsuła. To pokazuje, że równanie (1) jest słuszne również w tych przy-

padkach. Do wyznaczenia wartości $c_k[i]$ w dyskretnych chwilach czasu niezbędne jest wyposażenie każdej kamery z zestawu w dodatkowy czujnik odległości (ultradźwiękowy lub laserowy), jak pokazano na rys. 1a).

Występującą we wzorze (2) wartość współczynnika bazowego α_b określa się w stosunku do przyjętej odległości bazowej odpowiadającej promieniowi przy założeniu przekroju kołowego szybu. Fotografowany prostokątny obszar obudowy szybowej o wymiarach L_{xb} i L_{yb} odwzorowany zostaje na matrycy przetwornika kamery o rozdzielczości poziomej N_x oraz pionowej N_y . Przy przyjętej odległości bazowej wartość współczynnika bazowego można wyrazić wzorem:

$$\alpha_b = \frac{L_{jb}}{N_j} \quad (3)$$

gdzie:

j – składowa y lub x .

2. Zagadnienie przetwarzania sygnałów z systemu wizyjnego dla celów lokalizacji uszkodzeń

Wyznaczane metodą korelacyjną przyrosty $\Delta S_y[i]$ mogą posłużyć do wyznaczenia prędkości przemieszczania się kamery w głąb szybu. Uwzględniając uwagi zawarte w punkcie 1, prędkość ruchu kamery w szybie z wykorzystaniem strumienia wideo k -tej kamery z zestawu może być obliczana z zależności:

$$V_{yk}[i] = \alpha_k[i] \cdot \frac{\Delta S_{yk}[i]}{T_s} \quad (4)$$

Jak podano, sygnały pomiarowe $\Delta S_y[i]$ oraz $\Delta S_x[i]$, uzyskiwane ze strumienia wideo rejestrowanego kamerą, podlegają przeskalowaniu zgodnie z wzorami (1) i (4) w celu wyznaczenia prędkości oraz położenia przemieszczającej się kamery w szybie, a więc i lokalizacji ewentualnych uszkodzeń obudowy szybowej. W warunkach przemysłowych sygnały pomiarowe zarówno S_{jk} , V_{yk} , jak i sygnał z dodatkowego czujnika odległości c_k mogą zawierać zakłócające składowe oscylacyjne i szybkozmienne o cechach szumu. W takiej sytuacji kolejnym istotnym zagadnieniem związanym z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów z systemu wizyjnego jest utrzymanie dokładności pomiaru mierzonych (względnie estymowanych) wielkości na odpowiednim poziomie, przy zachowaniu własności dynamicznych systemu pomiarowego. Zadanie to można zrealizować, stosując filtry cyfrowe o odpowiednio dobranych parametrach. Typ filtru oraz

jego parametry powinny być tak dobrane, aby sygnał na jego wyjściu $u_f[i]$ był jak najbardziej zbliżony do sygnału użytecznego $w[i]$. Sygnał na wyjściu filtru w chwili czasu $t = iT_s$ można wyrazić wzorem:

$$u_f[i] = u[i] - \varepsilon[i] \quad (5)$$

gdzie:

u – sygnał S_{jk} lub V_{yk} lub c_{jk} ,

ε – ciąg reszt.

Do ograniczenia składowych szybkozmiennych w kanale pomiarowym można zastosować wygładzające filtry cyfrowe niewprowadzające opóźnień fazowych. Przy znajomości przebiegu sygnału użytecznego za miarę odtworzenia sygnału użytecznego z danych pomiarowych przyjąć można błąd średniokwadratowy o postaci:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (u_f[i] - w[i])^2 \quad (6)$$

Szczególnie w warunkach laboratoryjnych możliwe jest określenie sygnału odniesienia $u_{(ref)}[i]$, stanowiącego dostateczne przybliżenie sygnału użytecznego. W takim przypadku modyfikacji ulega kryterium (6) w ten sposób, że sygnały użytecznego $w[i]$ zastąpiony zostaje sygnałem odniesienia $u_{(ref)}[i]$. Wówczas dobór parametrów filtru sprowadza się do minimalizacji kryterium (6) względem wartości tych parametrów.

3. Badania stanowiskowe działania układu wizyjnej identyfikacji położenia kamery w szybie

3.1. Warunki i zakres badań

Badania przeprowadzono na modelu maszyny wyciągowej o napędzie w układzie Leonarda I stopnia zainstalowanej w Laboratorium Katedry Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Sterowanie prędkości obrotowej odbywało się poprzez ręczną nastawę wartości prądu wzbudzenia prądnicy. Przy braku układu automatycznej stabilizacji dla stałej wartości prądu wzbudzenia prądnicy obserwowano niewielkie wahania prędkości jazdy kamery w szybie. Jako materiał do badań wykorzystano film z przejazdu w szybie, zarejestrowany przez zamocowaną na linie wyciągowej kamerę Olympus $\mu 8000$ Tough z odpowiednio dobranym dodatkowym oświetleniem. Rejestrowany przejazd obejmował długość ok. 3,5 m. Za sygnał odniesienia przyjęto wyniki pomiarów

uzyskane z systemu pomiarowego złożonego z ultradźwiękowego czujnika odległości HC-SR04, mikrokontrolera ATmega opartego na platformie Arduino [Timmis, 2011] oraz aplikacji programowej umożliwiającej współpracę układu pomiarowego z komputerem PC. System pomiaru odległości posłużył do określenia położenia kamery w osi pionowej (oś y) szybu podczas jej przejazdu. Z uwagi na wyposażenie układu w prowadnice nie występowało zjawisko skręcania liny, a więc składowa przemieszczenia w osi x układu współrzędnych prostokątnych na rozwinięciu cylindrycznym powierzchni obmurza szybu była pomijalna.

Na podstawie jednocześnie zarejestrowanych filmu z przejazdu kamery oraz jej położenia w szybie przeprowadzono badania, które obejmowały:

- 1) wyznaczenie metodą korelacyjną elementarnych przyrostów $\Delta S_y[i]$ co okres próbkowania $T_s = 1$ s oraz obliczenie położenia kamery w szybie, zgodnie z wzorem (1) przy $\alpha_y = 1$ i z uwzględnieniem wartości współczynnika skalowania $\alpha_y[i]$;
- 2) porównanie wyników obliczeń położenia kamery w szybie bez i z uwzględnieniem wartości współczynnika skalowania (2) z sygnałem odniesienia z czujnika odległości $S_{y(ref)}[i]$;
- 3) wygładzenie sygnałów prędkości ruchu kamery oraz położenia kamery w szybie.

Wartości współczynnika skalowania (2) wyznaczono analitycznie. Natomiast do wygładzania sygnałów położenia kamery $S_y[i]$ oraz prędkości ruchu kamery w szybie $V_y[i]$ posłużono się filtrem wygładzającym o zasadzie średniej kroczącej z możliwością K -krotnego wygładzania przebiegu. Filtrowanie średniej kroczącej, pomimo swej prostoty, zapewnia redukcję szumu losowego z zachowaniem stromej odpowiedzi skokowej [Smith, 2007]. Zastosowaną operację wygładzania przebiegu można wyrazić wzorem:

$$u_f[i - M] = \frac{1}{2M + 1} \sum_{j=-M}^M u[i + j], \quad (7)$$

gdzie:

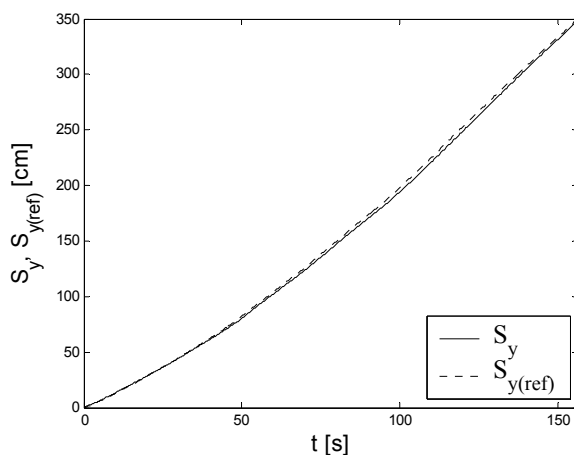
u – sygnał S_y lub V_y ,

$2M+1$ – liczba uśrednianych próbek.

Z równania (7) wynika, że dobór parametrów filtru sprowadza się do wyznaczenia takiej wartości M oraz takiej krotności wygładzania K , dla których wartość kryterium (6) osiągnie najmniejszą wartość.

3.2. Wyniki badań

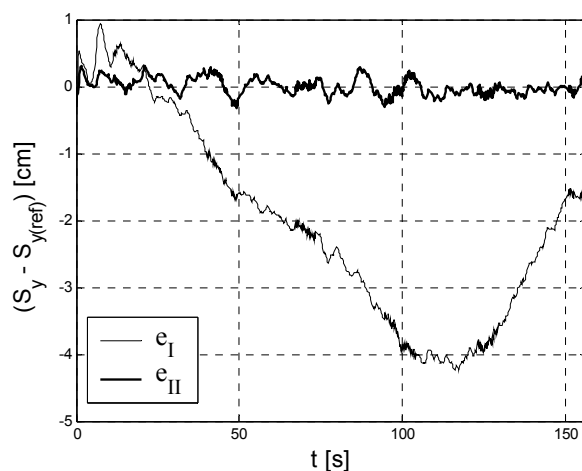
Na podstawie wyznaczonego metodą korelacyjną przebiegu $\Delta S_y[i]$ obliczono przebieg sygnału $S_y[i]$ zgodnie z wzorem (1) przy współczynniku $\alpha_y = 0$ i uzyskany wynik zestawiono z sygnałem odniesienia $S_{y(ref)}[i]$ uzyskany z czujnika odległości, co przedstawiono graficznie na rysunku 2.



Rys. 2. Przebieg położenia kamery uzyskany z systemu wizyjnego podczas badań stanowiskowych, wyznaczony przy $\alpha_y = 1$, oraz przebieg sygnału odniesienia

Źródło: Opracowanie własne.

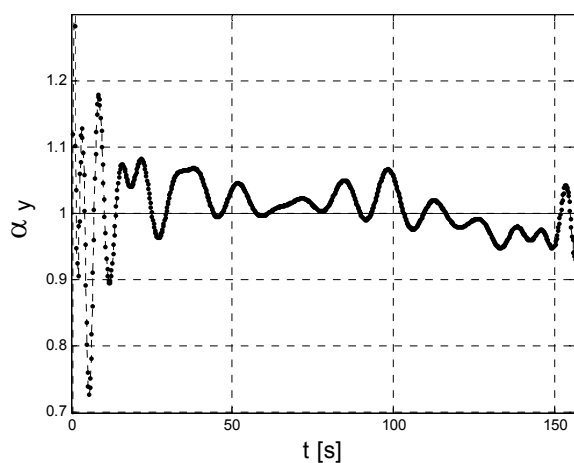
Jak widać na rysunku 2, sygnał S_y , odbiega od sygnału odniesienia $S_{y(ref)}$. Występuje zatem wyraźny błąd dynamiczny. Wyznaczone wartości tego błędu w czasie, oznaczonego symbolem e_1 , przedstawiono na rysunku 3. Błąd ten spowodowany jest głównie względami mechanicznymi. Wartość tego błędu wynikać może z faktu istnienia nierówności i odchyleń od pionu obszarów obserwowanej przez kamerę powierzchni imitującej obudowę szybową. Równie istotnym czynnikiem wartości błędu $e_1[i]$ jest zaobserwowane występowanie drgań liny w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni obudowy, w szczególności zaś przy starciu i zatrzymaniu maszyny wyciągowej (gwałtowna zmiana prędkości i związane z tym naprężenie liny).



Rys. 3. Wartości błęd e_I dla przebiegu sygnału S_y wyznaczonego przy $\alpha_y = 1$ oraz e_{II} , obliczonego z uwzględnieniem wartości współczynnika skalowania $\alpha_y[i]$

Źródło: Opracowanie własne.

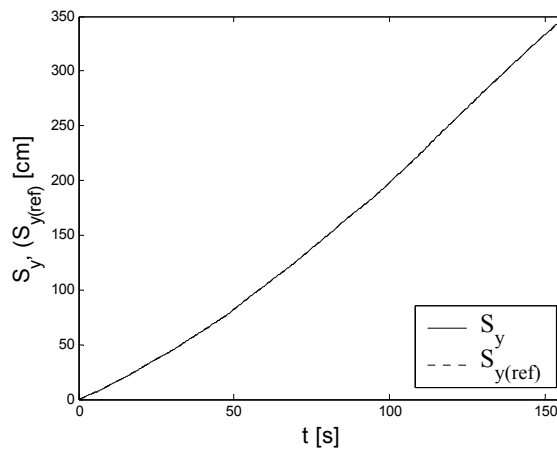
Wyniki przedstawione graficznie na rysunkach 2 i 3 wskazują na konieczność uwzględnienia zmian odległości kamery filmującej obudowę szybową podczas jej jazdy w szybie poprzez wprowadzenie współczynnika skalującego. Wartość współczynnika skalującego, w kolejnych chwilach czasu, w ogólnym przypadku ma inną wartość, dostosowaną do aktualnie zmieniającej się odległości kamery od obudowy szybowej. Przebieg wartości współczynnika skalowania $\alpha_y[i]$ przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Przebieg wartości współczynnika skalowania $\alpha_y(t)$ dla przebiegu S_y wyznaczonego podczas eksperymentu

Źródło: Opracowanie własne.

Uwzględniając wartości współczynnika skalowania z rysunku 4 do wyznaczenia położenia kamery w szybie, a więc i lokalizacji ewentualnego uszkodzenia, zgodnie z równaniem (1) dla analizowanego przypadku, uzyskuje się istotną zbieżność sygnału pomiarowego z systemu wizyjnego S_y z sygnałem odniesienia $S_{y(ref)}$, co uwidoczniło na rysunku 5. W tej sytuacji wyraźnej kompensacji ulega również błąd dynamiczny, którego obliczony przebieg wartości (oznaczony symbolem e_{II}) przedstawiono graficznie na rysunku 3. To wskazuje na potrzebę stosowania dodatkowego czujnika odległości, sprzężonego mechanicznie z kamerą, mierzącego aktualną odległość kamery od powierzchni obudowy w celu przeskalowania wartości przyrostów $\Delta S_{jk}[i]$ wyznaczanych co okres próbkowania T_s , z użyciem metody korelacyjnej.

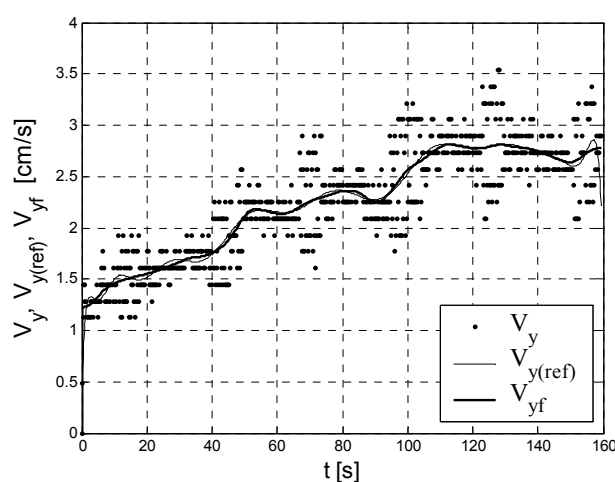


Rys. 5. Przebieg położenia kamery w szybie uzyskany z systemu wizyjnego, wyznaczony z uwzględnieniem wartości współczynnika skalowania α_y z rysunku 4, na tle sygnału odniesienia

Źródło: Opracowanie własne.

Na podstawie uzyskanych wyników nie można jednoznacznie wskazać na potrzebę stosowania filtracji sygnału pomiarowego z systemu wizyjnego z uwagi na niewielką wartość szumu. Przy doborze parametrów filtru o równaniu (6), przeznaczonego do wygładzenia sygnału $S_y[i]$, stwierdzono, że względem parametrów $M = 1$ oraz krotności wygładzania $K = 6$ uzyskuje się minimalizację kryterium (7). Dla tych parametrów przeprowadzono wygładzanie przebiegu położenia kamery w szybie z użyciem filtru o zasadzie średniej kroczącej, uzyskując nieznaczne zmniejszenie odchylenia standardowego błędu, z wartości 0,1240 [cm] – obliczonej dla błędu wyznaczonego z przebiegu niewygładzonego (e_{II}) – do wartości 0,1195 [cm] dla błędu występującego w sytuacji wygładzenia sygnału S_y .

W przypadku prędkości ruchu kamery w szybie, której przebieg przedstawia rysunek 6, konieczne staje się zastosowanie filtra cyfrowego, gdyż sygnał ten jest znacznie bardziej zaszumiony. Dla badanego przebiegu minimalizację kryterium (6) uzyskano dla parametrów filtra odpowiednio $M = 8$ i $K = 8$, przy czym wartość sygnału odniesienia $V_{y(ref)}[i]$ wyznaczono, korzystając z sygnału uzyskanego z czujnika ultradźwiękowego. Jak widać na rysunku 6, zbieżność wygładzonego sygnału prędkości ruchu kamery w szybie z sygnałem referencyjnym jest znakomita.



Rys. 6. Przebiegi prędkości kamery w szybie uzyskane z systemu wizyjnego przed i po wygładzeniu, przedstawione na tle sygnału odniesienia

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Zmienne w czasie odchylenie trajektorii kapsuły systemu wizyjnego od osi szybu może stać się istotnym źródłem błędów w procesie lokalizacji uszkodzeń obmurza. Stąd też celowa jest kompensacja tego zjawiska przez wprowadzenie odpowiedniej wartości współczynników skalujących. Wartości tych współczynników mogą być wyznaczane na podstawie sygnału z dodatkowych czujników odległości, w które muszą być wyposażone kamery w kapsule. Filtracja sygnałów prędkości i położenia musi być dokonywana w sposób zapewniający zachowanie odpowiednich własności dynamicznych. Zadanie to może być zrealizowane przy wykorzystaniu wielokrotnego (K) wygładzania filtrem o zasadzie średniej kroczącej o odpowiednio dobranej liczbie uśrednianych próbek ($2M+1$). Szczególnie istotne okazuje się wygładzanie sygnału prędkości, gdyż jest on znacznie bardziej zaszumiony niż sygnał położenia.

Literatura

- Aoki Y., Ito A. (2002), *Accurate Extraction and Measurement of Fine Cracks from Concrete Block Surface Imag*, 28th Annual Conference of the Industrial Electronics Society, Sevilla.
- Black M.J., Roth S., Sun D. (2010), *Secrets of Optical Flow Estimation and Their Principles*, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Francisco.
- Drobiec Ł., Jasiński R., Piekarczyk A. (2010), *Diagnostyka konstrukcji żelbetowych. Metodologia, badania polowe, badania laboratoryjne betonu i stali*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Fujita Y., Hashimoto Y., Mitani Y. (2006), *A Method for Crack Detection on a Concrete Structure*, 18th International Conference on Pattern Recognition, Hong Kong.
- Głowacz A., Mikrut Z., Pawlik P. (2011), *Algorytm wideo detekcji korzystający z metody obliczania przepływu optycznego*, „Automatyka”, t. 15, z. 3, s. 521-534.
- Heyduk A., Joostberens J., Kleta H. (2015), *Identyfikacja położenia systemu wizyjnego w szybie do analizy obrazu stanu jego obudowy*, „Budownictwo Górnictwe i Tunelowe”, nr 3, s. 31-38.
- Kleta H., red. (2013), *Wizualizacyjna metoda wspomagania oceny stanu technicznego i bezpieczeństwa obudowy szybu z wykorzystaniem cyfrowej analizy obrazu*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- Smith S.W. (2007), *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów*, Wydawnictwo BTC, Warszawa.
- Timmis H. (2011), *Practical Arduino Engineering*, Apres, New York.

IMAGE ACQUISITION AND PROCESSING IN THE MACHINE VISION SYSTEM FOR MINESHAFT LINING MONITORING

Summary: Precise location of damages recorded in the video stream is an important factor for efficient video monitoring of the mineshaft lining technical condition – especially in the mineshafts without hoisting facilities where direct access to the surface of the mineshaft brickwork is very difficult. The paper presents some selected issues relevant to the assessment of the location of observed damage to the shaft lining in the shaft-controlled video system. It takes into account some specific problems, very important in the case of the camera deviation from the mineshaft axis. There have been presented some results of research conducted at the laboratory stand in the Department of Electrical Engineering and Automation in Mining.

Keywords: mineshaft lining, image analysis, digital smoothing, damage monitoring.